

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-044888

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

H02K 1/22

H02K 19/10

H02K 21/14

H02P 6/06

H02P 6/16

(21)Application number : 2000-223681

(71)Applicant : DAIKIN IND LTD

(22)Date of filing : 25.07.2000

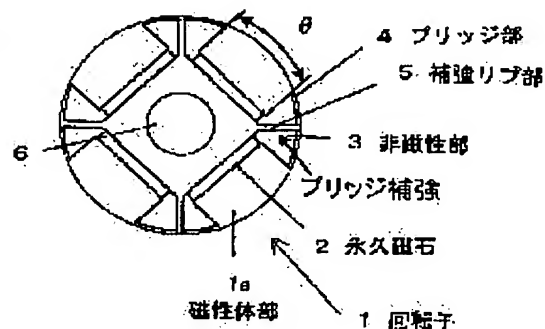
(72)Inventor : KANEDA MASAKO  
YAMAGIWA AKIO  
OYAMA KAZUNOBU

## (54) MOTOR AND MOTOR CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain high efficiency by reducing the iron loss and copper loss and cut the weight.

SOLUTION: Flat permanent magnets 2 are provided almost as buried in an approximately cylindrical rotor 1. Nonmagnetic sections 3 longer than the thickness of the magnets are provided circularly sandwiching the permanent magnets 2 and extending to the outside of the rotor from the magnet positions.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The motor characterized by making the edge of the hoop direction of each permanent magnet (2) follow, extending to near the front face of a rotator (1), and having the nonmagnetic section (3) of larger hoop direction die length than the thickness of a permanent magnet (2) while coming to equip the interior of a rotator (1) the permanent magnet (2) of two or more predetermined thickness.

[Claim 2] The motor according to claim 1 whose polar angle of each magnetic pole iron core (1a) in a rotator front face the number of magnetic poles of a rotator (1) is  $2n$  ( $n$  is a positive integer), and is  $120/n$  or less times.

[Claim 3] The motor according to claim 1 whose polar angles of each magnetic pole iron core (1a) in a rotator front face the number of magnetic poles of a rotator (1) is  $2n$  ( $n$  is a positive integer), and are  $60/n$  times or more and  $120/n$  times or less.

[Claim 4] A rotator (1) is a motor given in any of claim 1 to claim 3 which is a perfect circle tubed thing they are.

[Claim 5] A motor given in any of claim 1 to claim 4 which has the reinforcement bridge section (4a) which is located inside radial from each bridge section (4) that the bridge section (4) which is located in the radial outside of the nonmagnetic section (3), and connects magnetic pole iron cores (1a) should be reinforced, and is prolonged in a hoop direction they are.

[Claim 6] A motor given in any of claim 1 to claim 4 which has the reinforcing rib (5) mostly prolonged in radial, and (5a) that the bridge section (4) which is located in the radial outside of the nonmagnetic section (3), and connects magnetic pole iron cores (1a) should be reinforced they are.

[Claim 7] A motor given in any of claim 1 to claim 4 which has the reinforcing rib (5) mostly prolonged in radial, and (5a) while having the reinforcement bridge section (4a) which is located inside radial from each bridge section (4), and is prolonged in a hoop direction that the bridge section (4) which is located in the radial outside of the nonmagnetic section (3), and connects magnetic pole iron cores (1a) should be reinforced, they are.

[Claim 8] The stator which surrounds a rotator (1) is a motor given in any of claim 1 to claim 7 they are by which a series winding coil is given.

[Claim 9] Motor control equipment characterized by including a current phase control means to advance the phase of the motorised current supplied to which motor of claim 1 to claim 8 rather than motor induced voltage.

[Claim 10] Motor control equipment characterized by having set the motor terminal voltage of maximum engine speed as which motor of claim 1 to claim 8 including the inverter which supplies

an electrical potential difference more than an inverter electrical potential difference.

[Claim 11] Motor control equipment according to claim 9 or 10 which includes further the control means which detects motor induced voltage directly or indirectly, detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected rotator location from the detected motor induced voltage.

[Claim 12] Motor control equipment according to claim 9 or 10 which computes a rotator location using stator applied voltage, a motor current, and the device constant of a motor, and includes further the control means which controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location.

[Claim 13] Motor control equipment according to claim 9 or 10 which includes further the control means which computes a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location from the saliency of the inductance for which it asked from the higher-harmonic current which an electrical-potential-difference form inverter generates, and a rotator.

[Claim 14] Motor control equipment according to claim 9 or 10 which includes further the control means which detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected rotator location from a motor neutral point signal.

[Claim 15] A motor is motor control equipment given in any of claim 9 to claim 14 which is what drives a compressor they are.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the equipment for controlling the motor which can attain efficient-izing and lightweight-ization, and this motor, if it says further a detail about a motor and motor control equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since there was magnetic flux which does not contribute to torque generating and the flux density of a stator became high beyond the need by such magnetic flux besides leakage flux, iron loss was large at the motor. Moreover, since the current was also large beyond the need, copper loss was also large.

[0003] And the technique of thickening [ technique ] the back yoke section of (1) stator and decreasing iron loss as the technique of decreasing loss, (2) The technique of making [ technique ] slot area large and decreasing copper loss, the technique of deleting [ technique ] the both ends of the direction of product thickness of (3) magnets in the shape of an isosceles triangle, and decreasing iron loss (refer to JP,11-103543,A), And the technique (refer to JP,10-271716,A) of decreasing iron loss, using a grain oriented magnetic steel sheet as (4) stators is proposed.

[0004] And by adopting such technique, he can decrease iron loss or copper loss, and it is

thought that efficient-ization of a motor can be attained.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When the technique of (1) is adopted, by thickening the back yoke section, it can ease that flux density is saturated, as a result iron loss can be decreased. However, if the back yoke section is thickened, slot area will decrease, the amount of coil wearing will decrease, and the increment in resistance will be caused, as a result the increment in copper loss will be caused. Consequently, sufficient efficient-ization cannot be attained. When there is more increment of copper loss than the decrement of iron loss, effectiveness is made to fall on the contrary especially.

[0006] When the technique of (2) is adopted, by making slot area large, the amount of coil wearing can be made to be able to increase, resistance can be lowered, and copper loss can be decreased. However, if slot area is made to increase, the thickness of the salient pole section and the thickness of the back yoke section become small, it becomes easy to carry out magnetic saturation of the stator, and it will cause the increment in iron loss. Consequently, sufficient efficient-ization cannot be attained. When there is more increment of iron loss than the decrement of copper loss, effectiveness is made to fall on the contrary especially.

[0007] That is, in the technique of (1), and the technique of (2), it is impossible for iron loss and copper loss to have the relation of a trade-off, to decrease both both, and to attain sufficient efficient-ization.

[0008] Since the magnet is shaved when the technique of (3) is adopted, only in the part, magnet torque will decrease.

[0009] When the technique of (4) is adopted, it will originate in using a grain oriented magnetic steel sheet, and a cost rise will be caused.

[0010]

[Objects of the Invention] This invention is made in view of the above-mentioned trouble, while being able to decrease both iron loss and copper loss and being able to attain efficient-ization, lightweight-ization can be attained, and while not shaving a magnet moreover, it aims at offering the equipment for controlling offering the motor which does not need to use a grain oriented magnetic steel sheet, and this motor.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The motor of claim 1 is made to follow the edge of the hoop direction of each permanent magnet, and it extends to near the front face of a rotator, and it has the nonmagnetic section of larger hoop direction die length than the thickness of a permanent magnet while it comes to equip the interior of a rotator the permanent magnet of two or more predetermined thickness.

[0012] The number of magnetic poles of a rotator is  $2n$  ( $n$  is a positive integer), and the polar angle of each magnetic pole iron core in a rotator front face of the motor of claim 2 is  $120/n$  or less times.

[0013] The number of magnetic poles of a rotator is  $2n$  ( $n$  is a positive integer), and the polar angles of each magnetic pole iron core in a rotator front face of the motor of claim 3 are  $60/n$  times or more and  $120/n$  times or less.

[0014] A perfect circle tubed thing is used for the motor of claim 4 as a rotator.

[0015] The motor of claim 5 has the reinforcement bridge section which is located inside radial rather than each bridge section that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced, and is prolonged in a hoop direction.

[0016] The motor of claim 6 has the reinforcing rib mostly prolonged in radial that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced.

[0017] The motor of claim 7 has the reinforcing rib mostly prolonged in radial while having the reinforcement bridge section which is located inside radial rather than each bridge section, and is prolonged in a hoop direction that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced.

[0018] What the series winding coil was given is used for the motor of claim 8 as a stator which

surrounds a rotator.

[0019] The motor control equipment of claim 9 includes a current phase control means to advance the phase of the motorised current supplied to which motor of claim 1 to claim 8 rather than motor induced voltage.

[0020] The motor control equipment of claim 10 sets the motor terminal voltage of maximum engine speed as which motor of claim 1 to claim 8 including the inverter which supplies an electrical potential difference more than an inverter electrical potential difference.

[0021] The motor control equipment of claim 11 includes further the control means which detects motor induced voltage directly or indirectly, detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected rotator location from the detected motor induced voltage.

[0022] The motor control equipment of claim 12 computes a rotator location using stator applied voltage, a motor current, and the device constant of a motor, and includes further the control means which controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location.

[0023] The motor control equipment of claim 13 includes further the control means which computes a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location from the saliency of the inductance for which it asked from the higher-harmonic current which an electrical-potential-difference form inverter generates, and a rotator.

[0024] The motor control equipment of claim 14 includes further the control means which detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected rotator location from a motor neutral point signal.

[0025] The motor control equipment of claim 15 drives a compressor by the motor.

[0026]

[Function] If it is the motor of claim 1, while coming to equip the interior of a rotator the permanent magnet of two or more predetermined thickness Make the edge of the hoop direction of each permanent magnet follow, and it extends to near the front face of a rotator. And since it has the nonmagnetic section of larger hoop direction die length than the thickness of a permanent magnet The flow of magnetic flux is centralized on parts other than the nonmagnetic section, and leakage flux is reduced, as a result a current is reduced, copper loss can be decreased, moreover the magnetic flux which does not contribute to torque generating can be reduced, and flux density can be lowered, as a result iron loss can be decreased, a rotator can be lightweight-ized further, and rate responsibility can be raised.

[0027] If it is the motor of claim 2, since the number of magnetic poles of a rotator is  $2n$  ( $n$  is a positive integer) and the polar angle of each magnetic pole iron core in a rotator front face is  $120/n$  or less times, in addition to an operation of claim 1, the iron loss and copper loss resulting from leakage flux and the magnetic flux which does not contribute to torque generating can be decreased further.

[0028] If it is the motor of claim 3, the number of magnetic poles of a rotator is  $2n$  ( $n$  is a positive integer). Since the polar angles of each magnetic pole iron core in a rotator front face are  $60/n$  times or more and  $120/n$  times or less, while decreasing further the iron loss and copper loss resulting from leakage flux and the magnetic flux which does not contribute to torque generating in addition to an operation of claim 1 The increment in copper loss can be prevented, reduction of the magnetic flux which moreover contributes to torque generating can be prevented, and the increment in a torque ripple can be prevented.

[0029] If it is the motor of claim 4, since a perfect circle tubed thing is adopted as a rotator, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 3 ], the bad influence resulting from windage loss or a torque ripple can be prevented.

[0030] If it is the motor of claim 5, since it has the reinforcement bridge section which is located inside radial rather than each bridge section that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced, and is prolonged in a hoop direction, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 4 ], deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force

can be prevented.

[0031] If it is the motor of claim 6, since it has the reinforcing rib mostly prolonged in radial that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 4 ], deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented.

[0032] Since it has the reinforcing rib mostly prolonged in radial while having the reinforcement bridge section which is located inside radial rather than each bridge section, and is prolonged in a hoop direction that the bridge section which is located in the radial outside of the nonmagnetic section and connects magnetic pole iron cores should be reinforced, if it is the motor of claim 7, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 4 ], deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented.

[0033] While in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 7 ] being able to decrease a wirewound resistor further and being able to decrease copper loss sharply since what the series winding coil was given is adopted as a stator which surrounds a rotator if it is the motor of claim 8, a coil and the section can be shortened and saving-resources-izing and low cost-ization can be attained.

[0034] If it is motor control equipment of claim 9, since a current phase control means to advance the phase of the motorised current supplied to which motor of claim 1 to claim 8 rather than motor induced voltage is included In addition to operation [ which / of claim 1 to claim 8 ], efficient operation to which magnet torque and reluctance torque are used together, and torque/current ratio becomes large can be attained. And motor induced voltage can weaken in the rotational frequency which rises rather than an inverter electrical potential difference, and a rotational frequency can be expanded to a high-speed side using the magnetic-flux effectiveness.

[0035] If it is motor control equipment of claim 10, the inverter which supplies an electrical potential difference is included in which motor of claim 1 to claim 8. Since the motor terminal voltage of maximum engine speed was set up more than the inverter electrical potential difference In addition to operation [ which / of claim 1 to claim 8 ], in the rotational frequency to which motor terminal voltage becomes equal to an inverter electrical potential difference, operation which advances a current phase and weakens magnet magnetic flux can be performed, and a rotational frequency can be expanded to a high-speed side rather than motor induced voltage with electrical-potential-difference regularity.

[0036] If it is motor control equipment of claim 11, motor induced voltage will be detected directly or indirectly. Since the control means which detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected rotator location from the detected motor induced voltage is included further In addition to operation [ which / of claim 1 to claim 10 ], a motor can be used under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and, moreover, a cost cut and the improvement in dependability can be attained.

[0037] If it is motor control equipment of claim 12, a rotator location is computed using stator applied voltage, a motor current, and the device constant of a motor, since the control means which controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location is included further, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 10 ], a motor can be used under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and, moreover, a cost cut and the improvement in dependability can be attained.

[0038] If it is motor control equipment of claim 13, a rotator location will be computed from the saliency of the inductance for which it asked from the higher-harmonic current which an electrical-potential-difference form inverter generates, and a rotator. Since the control means which controls a motorised current or motor supply voltage based on the computed rotator location is included further In addition to operation [ which / of claim 1 to claim 10 ], a motor can be used under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and, moreover, a cost cut and the improvement in dependability can be attained.

[0039] If it is motor control equipment of claim 14, since the control means which detects a rotator location and controls a motorised current or motor supply voltage based on the detected

rotator location from a motor neutral point signal is included further, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 10 ], a motor can be used under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and, moreover, a cost cut and the improvement in dependability can be attained.

[0040] If it is motor control equipment of claim 15, since a compressor is driven by the motor, in addition to operation [ which / of claim 1 to claim 14 ], efficient-ization of a compressor can be attained.

[0041]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to an accompanying drawing, the mode of operation of the motor of this invention and motor control equipment is explained to a detail.

[0042] Drawing 1 is drawing of longitudinal section showing the rotator of the motor of this invention which is an important section [ like ] 1 operative condition.

[0043] This rotator is a rotator applied to permanent magnet motors, such as a brushless DC motor, and has formed the tabular permanent magnet 2 in the interior of the cylinder-like rotator 1 mostly at \*\*\*\*\*. And the nonmagnetic section 3 which has larger hoop direction die length than the thickness (radius lay length of a permanent magnet 2) of a permanent magnet 2, and is prolonged toward a rotator periphery from a permanent magnet stowed position is formed in the edge of the hoop direction of each permanent magnet 2. Moreover, while having formed the bridge section 4 which connects the heels of magnetic-substance section 1a located in the outside of each permanent magnet 2, and is located in the outside of the nonmagnetic section 3 and which consists of the magnetic substance, the reinforcing rib section 5 which is located among nonmagnetic section 3 and prolonged in radial and which consists of the magnetic substance is formed.

[0044] In addition, 6 is a revolving-shaft member which penetrates the core of a rotator 1 to shaft orientations. Moreover, as said nonmagnetic section 3, what consists of an opening, non-magnetic material, etc. can be illustrated. And although it is desirable that it is a flabellate form mostly as for the configuration of the nonmagnetic section 3 as shown in drawing 1 , it may be a configuration of arbitration, such as the shape of a rectangle. Furthermore, the case where a several n pole pair is 2 is shown in drawing 1 .

[0045] If the motor of the above-mentioned configuration is adopted, the flow of the magnetic flux resulting from a permanent magnet 2 can be centralized on magnetic-substance section 1a, and leakage flux and the magnetic flux which does not contribute to torque generating can be reduced.

[0046] Drawing 2 is drawing showing change of the number of flux linkages in the tooth part of the stator of this motor. In addition, an axis of abscissa is an electrical angle and the broken line shows the flux linkage change property of the motor of drawing 1 for the flux linkage change property of the motor of the former [ continuous line ], respectively. Moreover, among drawing 2 , (A) corresponds to the condition of not exciting the current, and among drawing 2 , (B) excites a current and it supports the condition that torque is equal.

[0047] Among drawing 2 , in the flux linkage property of (A), since it expresses that there is so little leakage flux that a flux linkage is large, by adopting the motor of the configuration of drawing 1 shows that leakage flux can be lessened.

[0048] Among drawing 2 , in the flux linkage property of (B), since magnetic flux means working effectively because of torque generating so that a flux linkage is small, by adopting the motor of the configuration of drawing 1 shows that magnetic flux is working effectively because of torque generating.

[0049] Drawing 3 is drawing showing the analysis result of the line of magnetic force between a stator and a rotator, among drawing 3 , (A) supports to the conventional motor and (B) supports the motor of drawing 1 among drawing 3 , respectively.

[0050] The above-mentioned advantage can be checked also from drawing 3 .

[0051] Drawing 4 is drawing showing the analysis result of iron loss and copper loss. In addition, the motor of drawing 1 by which, as for (D), the coil was given to the motor of the former by which, as for (C), the coil was given to the motor of drawing 1 by which, as for (B), the coil was given to the motor of the former to which, as for (A), the coil was given by series winding among

drawing 4 by series winding among drawing 4 by the distributed winding among drawing 4 by the distributed winding among drawing 4 is supported, respectively. Moreover, a shows iron loss and b shows copper loss, respectively.

[0052] By adopting the motor of drawing 1, loss (iron loss and copper loss) can be decreased, and the loss reduction effectiveness can be heightened by moreover giving a coil by series winding so that drawing 4 may show (remarkable reduction of iron loss and copper loss can be attained).

[0053] That is, by decreasing the magnetic flux which does not contribute to torque generating, flux density can be lowered and iron loss can be reduced. Moreover, although slot area does not change and coil resistance does not change since the configuration of a stator is not changed, by reducing useless magnetic flux, a current can be made small, consequently copper loss can be reduced.

[0054] Moreover, as compared with the conventional motor, the motor of the configuration of drawing 1 can attain lightweight-ization corresponding to the nonmagnetic section 3, and can raise rate responsibility.

[0055] It is desirable to set the polar angle (polar angle of magnetic-substance section 1a in a rotator front face) theta of said magnetic-substance section 1a as  $120/n$  or less times, and it is more desirable to set it as  $120/n$  or less times and  $60/n$  times or more.

[0056] Drawing 5 is drawing showing the relation between electric loss of a motor, iron loss, copper loss, and a polar angle. In addition, among drawing 5, (B) shows iron loss and (C) shows [ drawing 5 Naka (A) ] copper loss for electric loss of a motor among drawing 5, respectively.

[0057] Since all of electric loss of a motor, iron loss, and copper loss will increase if the polar angle theta exceeds  $120/n$  times so that drawing 5 may show, it is desirable to set the polar angle theta as  $120/n$  or less times. Moreover, if the polar angle theta becomes under  $60/n$ , although iron loss will decrease, since copper loss increases and electric loss of a motor also increases, it is more desirable to set the polar angle theta as  $120/n$  or less times and  $60/n$  times or more. Here, when the polar angle theta is made small, the reason which copper loss increases is as follows.

[0058] If the polar angle theta is made small too much, the magnetic flux which contributes to torque generating will decrease. Therefore, since an exciting current must be made to increase in order to compensate reduction in magnetic flux, copper loss will increase.

[0059] Moreover, although there is also un-arranging [ that magnetic flux concentrates too much and a torque ripple increases ] when the polar angle theta becomes under  $60/n$ , it can prevent un-arranging [ that a torque ripple increases ] by setting up the polar angle theta as mentioned above.

[0060] Furthermore, it is desirable to form said rotator 1 in perfect circle tubed, and it can prevent the bad influence of windage loss or a torque ripple.

[0061] Drawing 6 is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of other embodiments of the motor of this invention.

[0062] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 1 is only a point of having prepared radii-like auxiliary bridge section 4a in the predetermined location of the inner direction further rather than the bridge section 4.

[0063] If this configuration is adopted, deformation of the rotator 1 resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented, or it can control sharply.

[0064] Drawing 7 is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0065] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 1 is only a point of having prepared further auxiliary reinforcing rib section 5a prolonged in parallel with the reinforcing rib section 5.

[0066] Also when this configuration is adopted, deformation of the rotator 1 resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented, or it can control sharply.

[0067] Of course, it is also possible to prepare further auxiliary bridge section 4a and auxiliary reinforcing rib section 5a, and in this case, deformation of a rotator 1 can be prevented more certainly or it can control still more sharply.

[0068] Drawing 8 is drawing showing the relation of the motorised current phase and motor torque on the basis of motor induced voltage. In addition, in drawing 8 Naka (A), among drawing 8, (B) shows reluctance torque and (C) shows comprehensive torque (= magnet torque + reluctance torque) for magnet torque among drawing 8, respectively.

[0069] The inverter equipment and the inverter control unit (predetermined processing is performed by considering a rotator position signal as an input) which are not illustrated so that drawing 8 may show It is equipment which generates the switching signal which should be supplied to inverter equipment. since the configuration is Kochi conventionally -- detailed explanation -- omitting -- by using and advancing a motorised current phase rather than motor induced voltage, magnet torque and reluctance torque can be used together, comprehensive torque can be enlarged, and efficient operation to which torque/current ratio becomes large can be attained.

[0070] Moreover, a rotational frequency is expandable to a high-speed side by motor induced voltage's weakening in the rotational frequency which rises rather than an inverter electrical potential difference, and performing magnetic-flux control (control which advances a motorised current phase and weakens magnet magnetic flux).

[0071] Furthermore, it is desirable to adopt the brushless DC motor (for it to be hereafter called an embedded magnet structure motor for short) which comes to embed the permanent magnet with which the motor terminal voltage of maximum engine speed turns into more than an inverter electrical potential difference to the interior of a rotator.

[0072] In this case, in the rotational frequency to which motor terminal voltage becomes equal to an inverter electrical potential difference, a motorised current phase can be advanced and weakened rather than motor induced voltage, magnetic-flux control can be performed, and a rotational frequency can be expanded to a high-speed side with electrical-potential-difference regularity (refer to drawing 9).

[0073] Here, when the motor operating range at the time of making equivalent the amount of magnetic flux generated with a permanent magnet is compared with the operating range of a compressor, it comes to be shown in drawing 10, and in the operating range of a compressor, the range of a constant output area is needed in a low-speed side by the constant torque field and high-speed side.

[0074] Since only a few can obtain a constant output area in the case of the surface magnet structure motor (motor which is not an embedded magnet structure motor) with which are satisfied of such an operating range, an excessive field is needed to the need operating range of a compressor. And if generating magnetic flux with a magnet is the same motor when a motorised current is seen, a motorised current can be reduced by adopting the thing of embedded magnet structure (refer to drawing 11).

[0075] Consequently, copper loss can be reduced by reduction of a motorised current, and efficient-ization can be attained.

[0076] In driving the motor of the above-mentioned configuration, the rotation location of a rotator is detected, it is required to control supply voltage or supply current according to a rotation location, and a rotation location can be detected by forming sensors for location detection, such as a hall device and a rotary encoder. However, since use of these sensors for location detection becomes impossible or a system and dependability will fall when a motor needs to be used under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, it is necessary to detect a rotation location, without using the sensor for location detection.

[0077] Drawing 12 is drawing showing an example of the circuit which generates the rotator position signal which should be supplied to an inverter control unit, and it supplies the motor terminal voltage of each phase to Filters 11U, 11V, and 11W, respectively, removes a noise component and harmonic content, and supplies the output signal from every two filters of arbitration to Comparators 12U, 12V, and 12W, and he is trying to output a rotator position signal from each comparator.

[0078] If this circuit is adopted, since it will become unnecessary to use the sensor for rotator location detection, a motor can be used for stability by the elevated-temperature hyperbaric atmosphere. Moreover, as compared with the case where the sensor for rotator location

detection is used, it can be made cheap, and high dependability can be attained.

[0079] Although the circuit shown in drawing 12 is made to carry out direct detection of the motor induced voltage, it can be constituted so that motor induced voltage may be indirectly detected from the energization condition of the diode for a ring current of inverter equipment.

[0080] Moreover, it is also possible to compute the rotation location of a rotator by performing a predetermined operation using stator applied voltage, a motorised current, and the device constant of a motor, without using the sensor for rotator location detection.

[0081] Drawing 13 is the block diagram showing an example of the configuration of the speed-control system for performing the above-mentioned processing.

[0082] The speed-control section 21 which this speed-control system considers difference of a rate command and a gamma-delta shaft rate as an input, performs predetermined processing (for example, PI operation), and outputs a torque current command, Directions of what a torque current command and gamma shaft current should be made 0 for are considered as an input. The current control section 22 which computes applied voltage based on the reverse model of a motor so that actual current may be in agreement with these current commands, The real motor 23 by which the computed electrical potential difference is impressed, and the motor model 24 which computes a model current by performing the operation based on a motor model by considering the computed electrical potential difference as an input, While performing amendment processing that this difference should be made 0 by considering difference of actual current and a model current as an input and amending a motor model It has the location and the rate presumption processing section 25 which outputs the location of a gamma-delta shaft, and the low pass filter 26 which outputs a gamma-delta shaft rate by considering the location of a gamma-delta shaft as an input.

[0083] In addition, said motor model 24 is based on the analytic model of the brushless DC motor shown in drawing 14.

[0084] If this speed-control system is adopted, the rotation location and rate of a rotator can be identified based on the presumed current calculated based on an estimated position and presumed speed electromotive force, and the motorised current which is actually flowing (T.IEE Japan besides "sensor loess brushless DC motor control based on a current presumption error", and Takeshita, Vol.115-D, No.4, '95 reference).

[0085] Moreover, although rotation location presumption becomes difficult since a coil inductance changes with the rotation locations of a rotator in the case of a brushless DC motor with a saliency, location presumption is attained by extending a motor model (mathematical model of a motor) to a salient pole mold motor (T.IEE Japan besides "sensor loess salient pole mold brushless DC motor control based on speed-electromotive-force presumption", and Takeshita, Vol.117-D, No.1, '97 reference).

[0086] Therefore, also in this case, since it becomes unnecessary to use the sensor for rotator location detection, a motor can be used for stability by the elevated-temperature hyperbaric atmosphere. Moreover, as compared with the case where the sensor for rotator location detection is used, it can be made cheap, and high dependability can be attained. Since it becomes unnecessary to restrict the energization period of the current furthermore supplied to a motor, it becomes possible to perform energization and sinusoidal energization 150 degrees, and can contribute to efficient-izing of a motor, and low vibration-ization. Furthermore, since control which advances a motorised current phase freely can be performed, the further reduction effectiveness of a motorised current can be attained.

[0087] Furthermore, it is also possible to adopt the approach of computing the rotation location of a rotator from the saliency of the inductance called for from the higher-harmonic current which a voltage type inverter generates, and a rotator, without using the sensor for rotator location detection.

[0088] Drawing 15 is the block diagram showing an example of the configuration of the control system for carrying out which performs the above-mentioned processing.

[0089] The PI control machine 31 which this control system considers difference of a rate command and a presumed rate as an input, performs predetermined processing (for example, PI operation), and outputs an electrical-potential-difference command, The rotational-coordinates

transducer 32 which computes the electrical potential difference which performed rotational-coordinates conversion by having considered directions of what an electrical-potential-difference command and q shaft electrical potential difference should be made 0 for as the input, and was expressed with the stator coordinate, The PWM control section 33 which outputs the gate signal which performs PWM (pulse width modulation) processing by considering the computed electrical potential difference as an input, and is supplied to the PWM inverter 34, The variation extract section 36 which extracts the variation of a current phasor by considering the output current for two phases as an input among the output currents for the three phase circuit supplied to a brushless DC motor 35 from the PWM inverter 34, It has the location and the rate presumption section 37 which performs predetermined processing by considering variation of the extracted current phasor as an input, and presumes the rotation location of a rotator, and the feedback voltage calculation section 38 which outputs the electrical potential difference which should be fed back to q shaft electrical potential difference by considering a presumed rotation location as an input. Moreover, he is trying to output a location and a rate through DCG (DC generator: what uses a DC motor as a generator)42 and RE (rotary encoder)43 which are driven with a brushless DC motor 35, and encoder I/F44.

[0090] If this control system is adopted, while extracting the harmonic content contained in motor terminal voltage by computing the difference of an inverter average output voltage vector and each inverter output voltage vector The harmonic content of a motor current phasor is extracted by computing the difference of the current phasor of the beginning of a modulation period, and the last in the predetermined period over a modulation period from the variation of the current phasor by the electrical-potential-difference vector which is not used within a modulation period. The inductance matrix which is an unknown can be searched for from the electrical-potential-difference current equation to harmonic content. the inductance corresponding to a rotation location can be obtained, as a result a rotation location can be presumed ("the position-sensor loess IPM motor drive system using the location presuming method based on a saliency" --) T.IEE besides Ogasawara Japan, Vol.118-D, No.5, '98 reference.

[0091] Therefore, also in this case, since it becomes unnecessary to use the sensor for rotator location detection, a motor can be used for stability by the elevated-temperature hyperbaric atmosphere. Moreover, as compared with the case where the sensor for rotator location detection is used, it can be made cheap, and high dependability can be attained. Since it becomes unnecessary to restrict the energization period of the current furthermore supplied to a motor, it becomes possible to perform energization and sinusoidal energization 150 degrees, and can contribute to efficient-izing of a motor, and low vibration-ization. Furthermore, since control which advances a motorised current phase freely can be performed, the further reduction effectiveness of a motorised current can be attained.

[0092] In addition, the actuation of DCG42, RE43, and encoder I/F44 is as follows.

[0093] DCG42 changes into power the power generated with the brushless DC motor which comes to prepare a permanent magnet in the interior of a rotator in the shape of embedding according to a generation-of-electrical-energy operation, and absorbs it. RE43 is attached to DCG42 and a pulse signal occurs by rotation (it synchronizes with rotation of said brushless DC motor) of DCG42. This pulse signal is inputted into the counter terminal which is the function of encoder I/F44, and a counter counts up according to a pulse. If DCG42 rotates one time, since a counter is cleared, the value of a counter will serve as the rotator location theta of said brushless DC motor under 1 rotation. Moreover, the value change of the counter in a fixed period serves as a rate omega.

[0094] However, since the block diagram of drawing 15 is for controlling a brushless DC motor, without using a position sensor, DCG42, RE43, and encoder I/F44 are unnecessary, but in order to check the actuation which controls a brushless DC motor, without using a position sensor, DCG42, RE43, and encoder I/F44 are formed.

[0095] Drawing 16 is the block diagram showing an example of the configuration of the control system for detecting a rotator location using a motor neutral point signal, and driving a brushless DC motor.

[0096] This control system has connected the resistance 52 which carried out Y connection while having connected the stator winding 51 which carried out Y connection between the output terminals of an inverter 58. And the differential amplifier 53 which obtains and amplifies the difference electrical potential difference of both the neutral point electrical potential difference by considering the 2nd neutral point electrical potential difference in the neutral point of the resistance 52 which carried out Y connection to the 1st neutral point electrical potential difference in the neutral point of the stator winding 51 which carried out Y connection as an input, The integrator 54 which integrates with the amplified difference electrical potential difference, and acquires an integral signal, and the zero cross comparator 55 which detects the zero cross of an integral signal and is outputted as a rotation location detecting signal, The microcomputer 56 which performs predetermined processing by considering a rotation location detecting signal as an input, and outputs a switching signal, It has the base drive circuit 57 which outputs the base driving signal which should be supplied to the base terminal of each switching element of an inverter 58 by considering a switching signal as an input. In addition, since the processing in a microcomputer 56 is Kochi conventionally as shown in JP,7-337079,A etc., it omits detailed explanation.

[0097] Therefore, also in this case, since it becomes unnecessary to use the sensor for rotator location detection, a motor can be used for stability by the elevated-temperature hyperbaric atmosphere. Moreover, as compared with the case where the sensor for rotator location detection is used, it can be made cheap, and high dependability can be attained. Since it becomes unnecessary to restrict the energization period of the current furthermore supplied to a motor, it becomes possible to perform energization and sinusoidal energization 150 degrees, and can contribute to efficient-izing of a motor, and low vibration-ization. Furthermore, since control which advances a motorised current phase freely can be performed, the further reduction effectiveness of a motorised current can be attained.

[0098] Drawing 17 is drawing of longitudinal section showing an example of the configuration of a compressor.

[0099] This compressor prepares top casing 61c in the upper part in one, and constitutes the sealing casing 61 while it has prepared bottom casing 61b in the pars basilaris ossis occipitalis of cylinder-like main casing 61a in one. And the brushless DC motor 62 and the body 64 of a compressor of each other are formed in the interior of this sealing casing 61 at this alignment. Moreover, the inhalation opening member 65 is formed in the predetermined location of main casing 61a, and the delivery member 66 is formed in the predetermined location of top casing 61c, respectively.

[0100] Said brushless DC motor 62 has stator 62a fixed to main casing 61a while having the stator winding, and rotator 62b which has the nonmagnetic section while coming to embed a permanent magnet to the interior of a rotor core. In addition, 62c is a coil end.

[0101] Said body 64 of a compressor has 64f of crankshafts which fitting is carried out to cylinder 64a which comes to form building envelope 64b which functions as compression space, front head 64c which pinches cylinder 64a to shaft orientations, rear head 64d, rotary piston 64e prepared in building envelope 64b, and rotary piston 64e, and attain connection to rotator 62b. And a cylinder and the main casing are connected by spot welding etc. In addition, 64g is a connection bolt which unifies cylinder 64a, front head 64c, and rear head 64d.

[0102] Said inhalation opening member 65 is opened for free passage with 64h of through tubes which penetrate the side attachment wall of cylinder 64a while it is attached in the condition of penetrating main casing 61a so that a right pair may be carried out to cylinder 64a.

[0103] Thus, since a motor 62 will be located in an elevated-temperature high-pressure ambient atmosphere when the motor 62 is arranged in the compressor casing 61, without using the sensor for rotator location detection as mentioned above, the rotation location of a rotator can be detected and stability and dependability can be raised by adopting the configuration which controls an inverter based on the detected rotation location.

[0104] Drawing 18 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0105] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 1 is only a point which replaced with the plate-like permanent magnet 2, and adopted the cross-section radii-like permanent magnet 2. In addition, this permanent magnet 2 is arranged so that the imagination core of radii may be located in the outside of a rotator 1. And the location and configuration are set up by the nonmagnetic section 3 so that the imagination flat surface to which toes are connected may be in agreement with the toe of a permanent magnet 2. However, the reinforcing rib section is omitting illustration.

[0106] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1 can be attained.

[0107] Drawing 19 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0108] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 18 is only a point of having prepared further 1st auxiliary cross-section radii-like permanent magnet 2a also in the outside of the cross-section radii-like permanent magnet 2.

[0109] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1818 can be attained.

[0110] Drawing 20 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0111] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 19 is only a point of having omitted the cross-section radii-like permanent magnet 2.

[0112] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1919 can be attained.

[0113] Drawing 21 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0114] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 20 is only a point of having prepared further 2nd auxiliary cross-section radii-like permanent magnet 2b also in the outside of 1st auxiliary cross-section radii-like permanent magnet 2a.

[0115] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 2020 can be attained.

[0116] Drawing 22 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0117] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 18 is only a point which replaced with the cross-section radii-like permanent magnet 2, and has arranged 1 pair of plate-like permanent magnet 2c in the condition of intersecting perpendicularly mutually.

[0118] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1818 can be attained.

[0119] Drawing 23 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0120] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 18 is only a point of having formed the nonmagnetic section 3 prolonged toward the periphery of a rotator from the heel of 2d of each permanent magnet while arranging 2d of plate-like permanent magnets so that it may extend in radial. In addition, in this embodiment, the thickness of 2d of permanent magnets is the die length of a hoop direction.

[0121] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1818 can be attained.

[0122] Drawing 24 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0123] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 23 is only a point of having

made the number of 2d of permanent magnets increasing to 8 from 4.

[0124] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 2323 can be attained.

[0125] Drawing 25 is drawing of longitudinal section showing the configuration of the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[0126] The point that this rotator differs from the rotator of drawing 1 is only a point of having replaced with the cross-section radii-like permanent magnet 2, having prepared boiled-fish-paste-like permanent magnet 2e, and having prepared magnetic-substance section 1a of thin meat in the outside of this permanent magnet 2e.

[0127] Also when the motor of this configuration is adopted, the same operation as the motor of drawing 1  $R > 1$  can be attained.

[0128]

[Effect of the Invention] Invention of claim 1 centralizes the flow of magnetic flux on parts other than the nonmagnetic section, and reduces leakage flux, as a result reduces a current, decreases copper loss, moreover reduces the magnetic flux which does not contribute to torque generating, and lowers flux density, as a result decreases iron loss, and does so the characteristic effectiveness that a rotator can be lightweight-ized further and rate responsibility can be raised.

[0129] Invention of claim 2 does so the characteristic effectiveness that the iron loss and copper loss resulting from leakage flux and the magnetic flux which does not contribute to torque generating can be decreased further in addition to the effectiveness of claim 1.

[0130] Invention of claim 3 does so the characteristic effectiveness that the increment in copper loss can be prevented, reduction of the magnetic flux which moreover contributes to torque generating can be prevented, and the increment in a torque ripple can be prevented while decreasing further the iron loss and copper loss resulting from leakage flux and the magnetic flux which does not contribute to torque generating in addition to the effectiveness of claim 1.

[0131] Invention of claim 4 does so the characteristic effectiveness that the bad influence resulting from windage loss or a torque ripple can be prevented in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 3.

[0132] Invention of claim 5 does so the characteristic effectiveness that deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 4.

[0133] Invention of claim 6 does so the characteristic effectiveness that deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 4.

[0134] Invention of claim 7 does so the characteristic effectiveness that deformation of the rotator resulting from the magnetic-attraction force and a centrifugal force can be prevented in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 4.

[0135] it is said that invention of claim 8 can shorten a coil and the section, and can attain saving-resources-izing and low cost-ization while in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 7 it can decrease a wirewound resistor further and can decrease copper loss sharply -- characteristic -- or is done so like this.

[0136] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 8, invention of claim 9 can attain efficient operation to which magnet torque and reluctance torque are used together, and torque/current ratio becomes large, and moreover, motor induced voltage weakens in the rotational frequency which rises rather than an inverter electrical potential difference, and does so the characteristic effectiveness that a rotational frequency is expandable to a high-speed side using the magnetic-flux effectiveness.

[0137] Invention of claim 10 does so the characteristic effectiveness that in addition to which effectiveness of claim 1 to claim 8 operation which advances a current phase and weakens magnet magnetic flux can be performed, and a rotational frequency can be expanded to a high-speed side rather than motor induced voltage in the rotational frequency to which motor terminal voltage becomes equal to an inverter electrical potential difference with electrical-potential-difference regularity.

[0138] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 10, invention of claim 11 can use a motor under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and does so the characteristic effectiveness that a cost cut and the improvement in dependability can moreover be attained.

[0139] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 10, invention of claim 12 can use a motor under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and does so the characteristic effectiveness that a cost cut and the improvement in dependability can moreover be attained.

[0140] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 10, invention of claim 13 can use a motor under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and does so the characteristic effectiveness that a cost cut and the improvement in dependability can moreover be attained.

[0141] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 10, invention of claim 14 can use a motor under an elevated-temperature hyperbaric atmosphere, and does so the characteristic effectiveness that a cost cut and the improvement in dependability can moreover be attained.

[0142] In addition to which effectiveness of claim 1 to claim 14, invention of claim 15 does so the characteristic effectiveness that efficient-ization of a compressor can be attained.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing of longitudinal section showing the rotator of the motor of this invention which is an important section [ like ] 1 operative condition.

[Drawing 2] It is drawing showing change of the number of flux linkages in the tooth part of the stator of this motor.

[Drawing 3] It is drawing showing the analysis result of the line of magnetic force between a stator and a rotator.

[Drawing 4] It is drawing showing the analysis result of iron loss and copper loss.

[Drawing 5] It is drawing showing the relation between electric loss of a motor, iron loss, copper loss, and a polar angle.

[Drawing 6] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of other embodiments of the motor of this invention.

[Drawing 7] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the relation of the motorised current phase and motor torque on the basis of motor induced voltage.

[Drawing 9] It is drawing showing the motor terminal voltage corresponding to the rotational frequency of a surface magnet structure motor and an embedded magnet structure motor.

[Drawing 10] It is drawing showing the motor torque corresponding to the rotational frequency of a surface magnet structure motor and an embedded magnet structure motor.

[Drawing 11] It is drawing showing the motorised current corresponding to the rotational frequency of a surface magnet structure motor and an embedded magnet structure motor.

[Drawing 12] It is drawing showing an example of the circuit which generates the rotator position

signal which should be supplied to an inverter control unit.

[Drawing 13] It is the block diagram showing an example of the configuration of the speed-control system for computing the rotation location of a rotator by performing a predetermined operation using stator applied voltage, a motorised current, and the device constant of a motor.

[Drawing 14] It is drawing showing the analytic model of a brushless DC motor.

[Drawing 15] It is the block diagram showing an example of the configuration of the control system for computing the rotation location of a rotator from the saliency of the inductance called for from the higher-harmonic current which a voltage type inverter generates, and a rotator.

[Drawing 16] It is the block diagram showing an example of the configuration of the control system for detecting a rotator location using a motor neutral point signal, and driving a brushless DC motor.

[Drawing 17] It is drawing of longitudinal section showing an example of the configuration of a compressor.

[Drawing 18] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 19] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 20] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 21] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 22] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 23] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 24] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Drawing 25] It is drawing of longitudinal section showing the rotator which is the important section of the embodiment of further others of the motor of this invention.

[Description of Notations]

1 Rotator 1a Magnetic-Substance Section

2 Permanent Magnet 3 Nonmagnetic Section

4 Bridge Section 4a Auxiliary Bridge Section

5 Reinforcing Rib Section 5a Auxiliary Reinforcing Rib Section

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DRAWINGS

---

[Drawing 1]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-44888  
(P2002-44888A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 A 5 H 0 0 2
			5 0 1 K 5 H 5 6 0
1/22		1/22	A 5 H 6 1 9
19/10		19/10	A 5 H 6 2 1
21/14		21/14	M 5 H 6 2 2
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-223681(P2000-223681)

(22) 出願日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社  
大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号  
梅田センタービル

(72) 発明者 兼田 昌子

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2  
株式会社ダイキン空調技術研究所内

(72) 発明者 山原 昭雄

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2  
株式会社ダイキン空調技術研究所内

(74) 代理人 100087804

弁理士 津川 友士

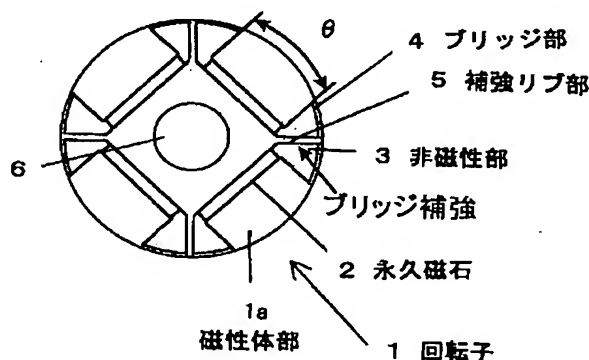
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータおよびモータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 鉄損と銅損を共に減少させて高効率化を達成するとともに、軽量化を達成する。

【解決手段】 ほぼ円筒状の回転子1の内部に板状の永久磁石2を埋込状に設け、各永久磁石2の周方向の端部に、永久磁石2の厚みよりも大きい周方向長さを有し、かつ永久磁石装着位置から回転子外周に向かって延びる非磁性部3を設けている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転子 (1) の内部に複数個の所定厚みの永久磁石 (2) を装着してなるとともに、各永久磁石 (2) の周方向の端部に連続させて、回転子 (1) の表面近傍まで延び、かつ永久磁石 (2) の厚みよりも大きい周方向長さの非磁性部 (3) を有していることを特徴とするモータ。

【請求項 2】 回転子 (1) の磁極数が  $2n$  ( $n$  は正の整数) であり、回転子表面における各磁極鉄心 (1a) の極角が  $120/n$  度以下である請求項 1 に記載のモータ。

【請求項 3】 回転子 (1) の磁極数が  $2n$  ( $n$  は正の整数) であり、回転子表面における各磁極鉄心 (1a) の極角が  $60/n$  度以上かつ  $120/n$  度以下である請求項 1 に記載のモータ。

【請求項 4】 回転子 (1) は真円筒状のものである請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載のモータ。

【請求項 5】 非磁性部 (3) の半径方向の外側に位置して磁極鉄心 (1a) どうしを連結するブリッジ部 (4) を補強すべく各ブリッジ部 (4) よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部 (4a) を有している請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載のモータ。

【請求項 6】 非磁性部 (3) の半径方向の外側に位置して磁極鉄心 (1a) どうしを連結するブリッジ部 (4) を補強すべく、ほぼ半径方向に延びる補強リブ (5) (5a) を有している請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載のモータ。

【請求項 7】 非磁性部 (3) の半径方向の外側に位置して磁極鉄心 (1a) どうしを連結するブリッジ部 (4) を補強すべく、各ブリッジ部 (4) よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部 (4a) を有しているとともに、ほぼ半径方向に延びる補強リブ (5) (5a) を有している請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載のモータ。

【請求項 8】 回転子 (1) を包囲する固定子は、直巻巻線が施されたものである請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載のモータ。

【請求項 9】 請求項 1 から請求項 8 の何れかのモータに供給するモータ駆動電流の位相をモータ誘起電圧よりも進める電流位相制御手段を含むことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 10】 請求項 1 から請求項 8 の何れかのモータに電圧を供給するインバータを含み、最大回転数のモータ端子電圧をインバータ電圧以上に設定していることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 11】 直接に、もしくは間接にモータ誘起電圧を検出し、検出されたモータ誘起電圧から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに

含む請求項 9 または請求項 10 に記載のモータ制御装置。

【請求項 12】 固定子印加電圧、モータ電流、モータの機器定数を用いて回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含む請求項 9 または請求項 10 に記載のモータ制御装置。

【請求項 13】 電圧形インバータが発生する高調波電流から求めたインダクタンスおよび回転子の突極性から回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含む請求項 9 または請求項 10 に記載のモータ制御装置。

【請求項 14】 モータ中性点信号から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含む請求項 9 または請求項 10 に記載のモータ制御装置。

【請求項 15】 モータは圧縮機を駆動するものである請求項 9 から請求項 14 の何れかに記載のモータ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はモータおよびモータ制御装置に関し、さらに詳細に言えば、高効率化および軽量化を達成することができるモータ、およびこのモータを制御するための装置に関する。

【0002】

【従来の技術】モータには、漏れ磁束以外にもトルク発生に寄与しない磁束があり、これらの磁束により固定子の磁束密度が必要以上に高くなるため、鉄損が大きくなっていた。また、電流も必要以上に大きくなっていたため銅損も大きくなっていた。

【0003】そして、損失を減少させる手法として、

(1) 固定子のバックヨーク部を厚くして鉄損を減少させる手法、(2) スロット面積を広くして銅損を減少させる手法、(3) 磁石の積厚方向の両端を二等辺三角形状に削って鉄損を減少させる手法 (特開平 11-103543 号公報参照)、および (4) 固定子として方向性電磁鋼板を用いて鉄損を減少させる手法 (特開平 10-271716 号公報参照) が提案されている。

【0004】そして、これらの手法を採用することによって、鉄損または銅損を減少させることができ、モータの高効率化を達成できると思われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】(1) の手法を採用した場合には、バックヨーク部を厚くすることによって磁束密度が飽和するのを緩和し、ひいては鉄損を減少させることができる。しかし、バックヨーク部を厚くするとスロット面積が減少し、巻線装着量が減少して抵抗値の増加を招き、ひいては銅損の増加を招いてしまう。この

結果、十分な高効率化を達成することができない。特に、鉄損の減少分よりも銅損の増加分が多い場合には、かえって効率を低下させることになってしまう。

【0006】(2)の手法を採用した場合には、スロット面積を広くすることによって巻線装着量を増加させ、抵抗値を下げ、銅損を減少させることができる。しかし、スロット面積を増加させると、突極部の厚み、バックヨーク部の厚みが小さくなり、固定子が磁気飽和しやすくなり、鉄損の増加を招いてしまう。この結果、十分な高効率化を達成することができない。特に、銅損の減少分よりも鉄損の増加分が多い場合には、かえって効率

を低下させることになってしまう。  
【0007】すなわち、(1)の手法、(2)の手法においては、鉄損と銅損とがトレードオフの関係にあり、両者をともに減少させて十分な高効率化を達成することは不可能である。

【0008】(3)の手法を採用した場合には、磁石を削っているので、その分だけ磁石トルクが減少してしまう。

【0009】(4)の手法を採用した場合には、方向性電磁鋼板を用いることに起因してコストアップを招いてしまう。

【0010】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、鉄損と銅損を共に減少させて高効率化を達成することができるとともに、軽量化を達成することができ、しかも磁石を削る必要がないとともに、方向性電磁鋼板を用いる必要がないモータを提供すること、およびこのモータを制御するための装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1のモータは、回転子の内部に複数個の所定厚みの永久磁石を装着してなるとともに、各永久磁石の周方向の端部に連続させて、回転子の表面近傍まで延び、かつ永久磁石の厚みよりも大きい周方向長さの非磁性部を有しているものである。

【0012】請求項2のモータは、回転子の磁極数が $2n$  ( $n$ は正の整数)であり、回転子表面における各磁極鉄心の極角が $120/n$ 度以下であるものである。

【0013】請求項3のモータは、回転子の磁極数が $2n$  ( $n$ は正の整数)であり、回転子表面における各磁極鉄心の極角が $60/n$ 度以上かつ $120/n$ 度以下であるものである。

【0014】請求項4のモータは、回転子として真円筒状のものを採用するものである。

【0015】請求項5のモータは、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく各ブリッジ部よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部を有するものである。

【0016】請求項6のモータは、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく、ほぼ半径方向に延びる補強リブを有するものである。

【0017】請求項7のモータは、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく、各ブリッジ部よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部を有するとともに、ほぼ半径方向に延びる補強リブを有するものである。

【0018】請求項8のモータは、回転子を包囲する固定子として、直巻巻線が施されたものを採用するものである。

【0019】請求項9のモータ制御装置は、請求項1から請求項8の何れかのモータに供給するモータ駆動電流の位相をモータ誘起電圧よりも進める電流位相制御手段を含むものである。

【0020】請求項10のモータ制御装置は、請求項1から請求項8の何れかのモータに電圧を供給するインバータを含み、最大回転数のモータ端子電圧をインバータ電圧以上に設定したものである。

【0021】請求項11のモータ制御装置は、直接に、もしくは間接にモータ誘起電圧を検出し、検出されたモータ誘起電圧から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むものである。

【0022】請求項12のモータ制御装置は、固定子印加電圧、モータ電流、モータの機器定数を用いて回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むものである。

【0023】請求項13のモータ制御装置は、電圧形インバータが発生する高調波電流から求めたインダクタンスおよび回転子の突極性から回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むものである。

【0024】請求項14のモータ制御装置は、モータ中性点信号から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むものである。

【0025】請求項15のモータ制御装置は、モータにより圧縮機を駆動するものである。

【0026】

【作用】請求項1のモータであれば、回転子の内部に複数個の所定厚みの永久磁石を装着してなるとともに、各永久磁石の周方向の端部に連続させて、回転子の表面近傍まで延び、かつ永久磁石の厚みよりも大きい周方向長さの非磁性部を有しているから、磁束の流れを非磁性部以外の箇所に集中させて漏れ磁束を低減し、ひ

いては電流を低減させて銅損を減少させ、しかも、トルク発生に寄与しない磁束を低減して磁束密度を下げ、ひいては鉄損を減少させ、さらに回転子を軽量化して速度応答性を高めることができる。

【0027】請求項2のモータであれば、回転子の磁極数が $2n$  ( $n$ は正の整数)であり、回転子表面における各磁極鉄心の極角が $120/n$ 度以下であるから、請求項1の作用に加え、漏れ磁束、トルク発生に寄与しない磁束に起因する鉄損、銅損を一層減少させることができる。

【0028】請求項3のモータであれば、回転子の磁極数が $2n$  ( $n$ は正の整数)であり、回転子表面における各磁極鉄心の極角が $60/n$ 度以上かつ $120/n$ 度以下であるから、請求項1の作用に加え、漏れ磁束、トルク発生に寄与しない磁束に起因する鉄損、銅損を一層減少させるとともに、銅損の増加を防止し、しかもトルク発生に寄与する磁束の減少を防止してトルクリブルの増加を防止することができる。

【0029】請求項4のモータであれば、回転子として真円筒状のものを採用するのであるから、請求項1から請求項3の何れかの作用に加え、風損やトルクリブルに起因する悪影響を防止することができる。

【0030】請求項5のモータであれば、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく各ブリッジ部よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部を有するのであるから、請求項1から請求項4の何れかの作用に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができる。

【0031】請求項6のモータであれば、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく、ほぼ半径方向に延びる補強リブを有するのであるから、請求項1から請求項4の何れかの作用に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができる。

【0032】請求項7のモータであれば、非磁性部の半径方向の外側に位置して磁極鉄心どうしを連結するブリッジ部を補強すべく、各ブリッジ部よりも半径方向の内側に位置し、かつ周方向に延びる補強ブリッジ部を有するとともに、ほぼ半径方向に延びる補強リブを有するのであるから、請求項1から請求項4の何れかの作用に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができる。

【0033】請求項8のモータであれば、回転子を包囲する固定子として、直巻巻線が施されたものを採用するのであるから、請求項1から請求項7の何れかの作用に加え、巻線抵抗を一層減少させて銅損を大幅に減少させることができるとともに、コイルエンド部を短くして省資源化、低コスト化を達成することができる。

【0034】請求項9のモータ制御装置であれば、請求

項1から請求項8の何れかのモータに供給するモータ駆動電流の位相をモータ誘起電圧よりも進める電流位相制御手段を含むのであるから、請求項1から請求項8の何れかの作用に加え、磁石トルクとリラクタンストルクを併用してトルク/電流比が大きくなる高効率運転を達成することができ、しかもモータ誘起電圧がインバータ電圧よりも上昇する回転数において弱め磁束効果を利用して回転数を高速側に拡大することができる。

【0035】請求項10のモータ制御装置であれば、請求項1から請求項8の何れかのモータに電圧を供給するインバータを含み、最大回転数のモータ端子電圧をインバータ電圧以上に設定したのであるから、請求項1から請求項8の何れかの作用に加え、モータ端子電圧がインバータ電圧と等しくなる回転数においてモータ誘起電圧よりも電流位相を進めて磁石磁束を弱める運転を行って電圧一定のまま回転数を高速側に拡大することができる。

【0036】請求項11のモータ制御装置であれば、直接に、もしくは間接にモータ誘起電圧を検出し、検出されたモータ誘起電圧から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むのであるから、請求項1から請求項10の何れかの作用に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができる。

【0037】請求項12のモータ制御装置であれば、固定子印加電圧、モータ電流、モータの機器定数を用いて回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むのであるから、請求項1から請求項10の何れかの作用に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができる。

【0038】請求項13のモータ制御装置であれば、電圧形インバータが発生する高調波電流から求めたインダクタンスおよび回転子の突極性から回転子位置を算出し、算出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むのであるから、請求項1から請求項10の何れかの作用に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができる。

【0039】請求項14のモータ制御装置であれば、モータ中性点信号から回転子位置を検出し、検出された回転子位置に基づいてモータ駆動電流またはモータ供給電圧を制御する制御手段をさらに含むのであるから、請求項1から請求項10の何れかの作用に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができる。

【0040】請求項15のモータ制御装置であれば、モ

ータにより圧縮機を駆動するのであるから、請求項1から請求項14の何れかの作用に加え、圧縮機の高効率化を達成することができる。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、この発明のモータおよびモータ制御装置の実施の態様を詳細に説明する。

【0042】図1はこの発明のモータの一実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【0043】この回転子は、ブラシレスDCモータなどの永久磁石モータに適用される回転子であり、ほぼ円筒状の回転子1の内部に板状の永久磁石2を埋込状に設けている。そして、各永久磁石2の周方向の端部に、永久磁石2の厚み（永久磁石2の半径方向の長さ）よりも大きい周方向長さを有し、かつ永久磁石装着位置から回転子外周に向かって延びる非磁性部3を設けている。また、各永久磁石2の外側に位置する磁性体部1aの外端部どうしを連結し、かつ非磁性部3の外側に位置する、磁性体からなるブリッジ部4を設けているとともに、非磁性部3どうしの間に位置して半径方向に延びる、磁性体からなる補強リブ部5を設けている。

【0044】なお、6は回転子1の中心を軸方向に貫通する回転軸部材である。また、前記非磁性部3としては、空隙、非磁性体などからなるものが例示できる。そして、非磁性部3の形状は、図1に示すように、ほぼ扇状であることが好ましいが、長方形などの任意の形状であってもよい。さらに、図1には極対数 $n$ が2の場合を示している。

【0045】上記の構成のモータを採用すれば、永久磁石2に起因する磁束の流れを磁性体部1aに集中させ、漏れ磁束、トルク発生に寄与しない磁束を低減することができる。

【0046】図2はこのモータの固定子の歯部における鎖交磁束数の変化を示す図である。なお、横軸は電気角であり、実線が従来のモータの鎖交磁束変化特性を、破線が図1のモータの鎖交磁束変化特性を、それぞれ示している。また、図2中（A）は電流を励磁していない状態に対応し、図2中（B）は電流を励磁し、しかもトルクが等しい状態に対応している。

【0047】図2中（A）の鎖交磁束特性では、鎖交磁束が大きいかほど漏れ磁束が少ないことを表しているのであるから、図1の構成のモータを採用することによって漏れ磁束を少なくできることが分かる。

【0048】図2中（B）の鎖交磁束特性では、鎖交磁束が小さいほど磁束がトルク発生のために有効に働いていることを表しているのであるから、図1の構成のモータを採用することによって磁束がトルク発生のために有効に働いていることが分かる。

【0049】図3は固定子と回転子との間における磁力線の解析結果を示す図であり、図3中（A）が従来のモ

ータに、図3中（B）が図1のモータに、それぞれ対応している。

【0050】図3からも、上記の利点を確認することができる。

【0051】図4は鉄損と銅損との解析結果を示す図である。なお、図4中（A）は直巻で巻線が施された従来のモータに、図4中（B）は直巻で巻線が施された図1のモータに、図4中（C）は分布巻で巻線が施された従来のモータに、図4中（D）は分布巻で巻線が施された図1のモータに、それぞれ対応している。また、aが鉄損を、bが銅損を、それぞれ示している。

【0052】図4から分かるように、図1のモータを採用することによって損失（鉄損および銅損）を減少させることができ、しかも直巻で巻線を施すことによって損失低減効果を高めることができる（鉄損および銅損の著しい低減を達成できる）。

【0053】すなわち、トルク発生に寄与しない磁束を減少させることによって磁束密度を下げ、鉄損を低減することができる。また、固定子の形状を変更していないので、スロット面積は変化せず、巻線抵抗値は変化しないが、無駄な磁束を減らすことによって電流を小さくすることができ、この結果、銅損を低減することができる。

【0054】また、図1の構成のモータは、従来のモータと比較して、非磁性部3に対応する軽量化を達成することができ、速度応答性を向上させることができる。

【0055】前記磁性体部1aの極角（回転子表面における磁性体部1aの極角） $\theta$ を $120/n$ 度以下に設定することが好ましく、 $120/n$ 度以下かつ $60/n$ 度以上に設定することがより好ましい。

【0056】図5はモータの電氣的損失、鉄損、銅損と極角との関係を示す図である。なお、図5中（A）がモータの電氣的損失を、図5中（B）が鉄損を、図5中（C）が銅損を、それぞれ示している。

【0057】図5から分かるように、極角 $\theta$ が $120/n$ 度を越えるとモータの電氣的損失、鉄損、銅損がすべて増加するので、極角 $\theta$ を $120/n$ 度以下に設定することが好ましい。また、極角 $\theta$ が $60/n$ 未満になると鉄損は減少するものの、銅損が増加し、モータの電氣的損失も増加するのであるから、極角 $\theta$ を $120/n$ 度以下かつ $60/n$ 度以上に設定することがより好ましい。ここで、極角 $\theta$ を小さくした場合に銅損が増加する理由は次のとおりである。

【0058】極角 $\theta$ を小さくしすぎるとトルク発生に寄与する磁束が減少してしまう。したがって、磁束の減少を補うためには励磁電流を増加させなければならないので、銅損が増加してしまう。

【0059】また、極角 $\theta$ が $60/n$ 未満になると、磁束が集中しすぎてトルクリブルが増加するという不都合もあるが、極角 $\theta$ を上記のように設定することによ

で、トルクリブルが増加するという不都合を防止することができる。

【0060】さらに、前記回転子1を真円筒状に形成することが好ましく、風損やトルクリブルの悪影響を防止することができる。

【0061】図6はこの発明のモータの他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【0062】この回転子が図1の回転子と異なる点は、ブリッジ部4よりも内方の所定位置に円弧状の補助ブリッジ部4aをさらに設けた点のみである。

【0063】この構成を採用すれば、磁気吸引力および遠心力に起因する回転子1の変形を防止し、もしくは大幅に抑制することができる。

【0064】図7はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【0065】この回転子が図1の回転子と異なる点は、補強リブ部5と平行に延びる補助補強リブ部5aをさらに設けた点のみである。

【0066】この構成を採用した場合にも、磁気吸引力および遠心力に起因する回転子1の変形を防止し、もしくは大幅に抑制することができる。

【0067】もちろん、補助ブリッジ部4aおよび補助補強リブ部5aをさらに設けることも可能であり、この場合には、回転子1の変形をより確実に防止し、もしくは一層大幅に抑制することができる。

【0068】図8はモータ誘起電圧を基準とするモータ駆動電流位相とモータトルクとの関係を示す図である。なお、図8中(A)は磁石トルクを、図8中(B)はリラクタンストルクを、図8中(C)は総合トルク(=磁石トルク+リラクタンストルク)を、それぞれ示している。

【0069】図8から分かるように、図示しないインバータ装置およびインバータ制御装置(回転子位置信号を入力として所定の処理を行い、インバータ装置に供給すべきスイッチング信号を生成する装置であり、その構成は従来高知であるから詳細な説明を省略する)を用いてモータ駆動電流位相をモータ誘起電圧よりも進めることによって磁石トルクとリラクタンストルクとを併用して総合トルクを大きくし、トルク/電流比が大きくなる高効率運転を達成することができる。

【0070】また、モータ誘起電圧がインバータ電圧よりも上昇する回転数において、弱め磁束制御(モータ駆動電流位相を進めて磁石磁束を弱める制御)を行うことにより、回転数を高速側に拡大することができる。

【0071】さらに、最大回転数のモータ端子電圧がインバータ電圧以上となる永久磁石を回転子の内部に埋め込んでなるブラシレスDCモータ(以下、埋込磁石構造モータと略称する)を採用することが好ましい。

【0072】この場合には、モータ端子電圧がインバータ電圧と等しくなる回転数において、モータ駆動電流位

相をモータ誘起電圧よりも進めて弱め磁束制御を行って、電圧一定のまま回転数を高速側に拡大することができる(図9参照)。

【0073】ここで、永久磁石により発生する磁束量を同等とした場合におけるモータ運転範囲と圧縮機の運転範囲とを比較すると図10に示すようになり、圧縮機の運転範囲において、低速側では定トルク領域、高速側では定出力領域の範囲が必要となる。

【0074】このような運転範囲を満足する表面磁石構造モータ(埋込磁石構造モータではないモータ)の場合、定出力領域を少ししか得ることができないので、圧縮機の必要運転範囲に対して余分な領域を必要とする。そして、モータ駆動電流をみると、磁石による発生磁束が同じモータであれば、埋込磁石構造のものを採用することによってモータ駆動電流を低減することができる(図11参照)。

【0075】この結果、モータ駆動電流の低減により銅損を低減し、高効率化を達成することができる。

【0076】上記の構成のモータを駆動するに当たっては、回転子の回転位置を検出し、回転位置に応じて供給電圧もしくは供給電流を制御することが必要であり、ホール素子、ロータリーエンコーダなどの位置検出用センサを設けることによって回転位置を検出することができる。しかし、モータを高温高圧環境下で使用する必要がある場合には、これらの位置検出用センサの使用が不可能になり、あるいは精度、信頼性が低下することになるので、位置検出用センサを用いることなく回転位置を検出することが必要になる。

【0077】図12はインバータ制御装置に供給すべき回転子位置信号を生成する回路の一例を示す図であり、各相のモータ端子電圧をそれぞれフィルタ11U、11V、11Wに供給してノイズ成分、高調波成分を除去し、任意の2つずつのフィルタからの出力信号をコンパレータ12U、12V、12Wに供給し、各コンパレータから回転子位置信号を出力するようにしている。

【0078】この回路を採用すれば、回転子位置検出用のセンサを用いる必要がなくなるので、モータを高温高圧環境で安定に使用することができる。また、回転子位置検出用のセンサを用いる場合と比較して安価にすることができ、しかも高い信頼性を達成することができる。

【0079】図12に示す回路は、モータ誘起電圧を直接検出するようにしているが、インバータ装置の環流用ダイオードの通電状態から間接的にモータ誘起電圧を検出するように構成することが可能である。

【0080】また、回転子位置検出用のセンサを用いることなく、固定子印加電圧、モータ駆動電流、モータの機器定数を用いて所定の演算を行って回転子の回転位置を算出することも可能である。

【0081】図13は上記の処理を行うための速度制御系の構成の一例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【0082】この速度制御系は、速度指令と $\gamma$ - $\delta$ 軸速度との差分を入力として所定の処理（例えば、PI演算）を行ってトルク電流指令を出力する速度制御部21と、トルク電流指令および $\gamma$ 軸電流を0にすべきことの指示を入力として、これらの電流指令に実電流が一致するようにモータの逆モデルに基づいて印加電圧を算出する電流制御部22と、算出された電圧が印加される実モータ23と、算出された電圧を入力としてモータモデルに基づく演算を行ってモデル電流を算出するモータモデル24と、実電流とモデル電流との差分を入力として、この差分を0にすべく補正処理を行ってモータモデルを補正するとともに、 $\gamma$ - $\delta$ 軸の位置を出力する位置・速度推定処理部25と、 $\gamma$ - $\delta$ 軸の位置を入力として $\gamma$ - $\delta$ 軸速度を出力するローパスフィルタ26とを有している。

【0083】なお、前記モータモデル24は、図14に示すブラシレスDCモータの解析モデルに基づくものである。

【0084】この速度制御系を採用すれば、推定位置と推定速度起電力とに基づいて演算された推定電流と実際に流れているモータ駆動電流とに基づいて回転子の回転位置と速度とを同定することができる（「電流推定誤差に基づくセンサレスブラシレスDCモータ制御」、竹下他、T. IEE Japan, Vol. 115-D, No. 4, '95参照）。

【0085】また、突極性を持つブラシレスDCモータの場合、巻線インダクタンスが回転子の回転位置により変化するため、回転位置推定が困難になるが、モータモデル（モータの数式モデル）を突極型モータに拡張することによって位置推定が可能になる（「速度起電力推定に基づくセンサレス突極型ブラシレスDCモータ制御」、竹下他、T. IEE Japan, Vol. 117-D, No. 1, '97参照）。

【0086】したがって、この場合にも、回転子位置検出用のセンサを用いる必要がなくなるので、モータを高温高圧環境で安定に使用することができる。また、回転子位置検出用のセンサを用いる場合と比較して安価にすることができ、しかも高い信頼性を達成することができる。さらにモータに供給する電流の通電期間を制限する必要がなくなるため、150度通電、正弦波通電を行うことが可能となり、モータの高効率化、低振動化に寄与することができる。さらに、モータ駆動電流位相を自由に進める制御を行うことができるので、モータ駆動電流のさらなる低減効果を達成することができる。

【0087】さらに、回転子位置検出用のセンサを用いることなく、電圧型インバータが発生する高調波電流から求められたインダクタンスおよび回転子の突極性から回転子の回転位置を算出する方法を採用することも可能である。

【0088】図15は上記の処理を行うするための制御

システムの構成の一例を示すブロック図である。

【0089】この制御システムは、速度指令と推定速度との差分を入力として所定の処理（例えば、PI演算）を行って電圧指令を出力するPI制御器31と、電圧指令および $q$ 軸電圧を0にすべきことの指示を入力として回転座標変換を行って、固定子座標で表した電圧を算出する回転座標変換部32と、算出された電圧を入力としてPWM（パルス幅変調）処理を行ってPWMインバータ34に供給するゲート信号を出力するPWM制御部33と、PWMインバータ34からブラシレスDCモータ35に供給される3相分の出力電流のうち、2相分の出力電流を入力として電流ベクトルの変化量を抽出する変化量抽出部36と、抽出された電流ベクトルの変化量を入力として所定の処理を行って回転子の回転位置を推定する位置・速度推定部37と、推定回転位置を入力として $q$ 軸電圧にフィードバックすべき電圧を出力するフィードバック電圧算出部38とを有している。また、ブラシレスDCモータ35により駆動されるDCG（DC発電機：DCモータを発電機として使用するもの）42、RE（ロータリーエンコーダ）43、およびエンコーダI/F44を通して位置および速度を出力するようにしている。

【0090】この制御システムを採用すれば、インバータ平均出力電圧ベクトルと各インバータ出力電圧ベクトルとの差を算出することによりモータ端子電圧に含まれる高調波成分を抽出するとともに、変調期間内で用いない電圧ベクトルによる電流ベクトルの変化量から変調期間に対する所定期間における変調周期の最初と最後の電流ベクトルの差を算出することによりモータ電流ベクトルの高調波成分を抽出し、高調波成分に対する電圧電流方程式より未知数であるインダクタンス行列を求めることができ、回転位置に対応するインダクタンスを得ることができ、ひいては回転位置を推定することができる（「突極性に基づく位置推定法を用いた位置センサレスIPMモータ駆動システム」、小笠原他、T. IEE Japan, Vol. 118-D, No. 5, '98参照）。

【0091】したがって、この場合にも、回転子位置検出用のセンサを用いる必要がなくなるので、モータを高温高圧環境で安定に使用することができる。また、回転子位置検出用のセンサを用いる場合と比較して安価にすることができ、しかも高い信頼性を達成することができる。さらにモータに供給する電流の通電期間を制限する必要がなくなるため、150度通電、正弦波通電を行うことが可能となり、モータの高効率化、低振動化に寄与することができる。さらに、モータ駆動電流位相を自由に進める制御を行うことができるので、モータ駆動電流のさらなる低減効果を達成することができる。

【0092】なお、DCG42、RE43およびエンコーダI/F44の動作は次のとおりである。

【0093】DCG 42は、回転子の内部に永久磁石を埋め込み状に設けてなるブラシレスDCモータにて発生する動力を発電作用により電力に変換して吸収する。DCG 42にはRE 43が付いており、DCG 42の回転（前記ブラシレスDCモータの回転に同期している）によりパルス信号が発生する。このパルス信号をエンコーダI/F 44の機能であるカウンタ装置に入力し、パルスに応じてカウンタがカウントアップする。DCG 42が1回転するとカウンタはクリアされるため、カウンタの値が1回転中の前記ブラシレスDCモータの回転子位置 $\theta$ となる。また、一定期間中のカウンタの値の変化が速度 $\omega$ となる。

【0094】ただし、図15のブロック図は位置センサを用いることなくブラシレスDCモータを制御するためのものであるから、DCG 42、RE 43およびエンコーダI/F 44は不要であるが、位置センサを用いることなくブラシレスDCモータを制御する動作を確認するためにDCG 42、RE 43およびエンコーダI/F 44を設けている。

【0095】図16はモータ中性点信号を用いて回転子位置を検出し、ブラシレスDCモータを駆動するための制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【0096】この制御システムは、インバータ58の出力端子間にY結線した固定子巻線51を接続しているとともに、Y結線した抵抗52を接続している。そしてY結線した固定子巻線51の中性点における第1中性点電圧とY結線した抵抗52の中性点における第2中性点電圧とを入力として両中性点電圧の差電圧を得て増幅する差動増幅器53と、増幅した差電圧を積分して積分信号を得る積分器54と、積分信号のゼロクロスを検出して回転位置検出信号として出力するゼロクロスコンパレータ55と、回転位置検出信号を入力として所定の処理を行ってスイッチング信号を出力するマイクロコンピュータ56と、スイッチング信号を入力としてインバータ58の各スイッチング素子のベース端子に供給すべきベース駆動信号を出力するベース駆動回路57とを有している。なお、マイクロコンピュータ56における処理は、例えば特開平7-337079号公報などに示すように従来高知であるから、詳細な説明を省略する。

【0097】したがって、この場合にも、回転子位置検出用のセンサを用いる必要がなくなるので、モータを高温高圧環境で安定に使用することができる。また、回転子位置検出用のセンサを用いる場合と比較して安価にすることができ、しかも高い信頼性を達成することができる。さらにモータに供給する電流の通電期間を制限する必要がなくなるため、150度通電、正弦波通電を行うことが可能となり、モータの高効率化、低振動化に寄与することができる。さらに、モータ駆動電流位相を自由に進める制御を行うことができるので、モータ駆動電流のさらなる低減効果を達成することができる。

【0098】図17は圧縮機の構成の一例を示す縦断面図である。

【0099】この圧縮機は、円筒状の主ケーシング61aの底部にボトムケーシング61bを一体的に設けるとともに、上部にトップケーシング61cを一体的に設けて、密閉ケーシング61を構成している。そして、この密閉ケーシング61の内部にブラシレスDCモータ62および圧縮機本体64を互いに同心に設けている。また、主ケーシング61aの所定位置に吸入口部材65を、トップケーシング61cの所定位置に吐出部材66を、それぞれ設けている。

【0100】前記ブラシレスDCモータ62は、固定子巻線を有するとともに、主ケーシング61aに固定された固定子62aと、回転子鉄心の内部に永久磁石を埋め込んでなるとともに、非磁性部を有する回転子62bとを有している。なお、62cはコイルエンドである。

【0101】前記圧縮機本体64は、圧縮室として機能する内部空間64bを形成してなるシリンダ64aと、シリンダ64aを軸方向に挟持するフロントヘッド64c、リアヘッド64dと、内部空間64b内に設けられたロータリーピストン64eと、ロータリーピストン64eと嵌合されて回転子62bとの連結を達成するクランク軸64fとを有している。そして、シリンダと主ケーシングとがスポット溶接などにより連結されている。なお、64gは、シリンダ64a、フロントヘッド64c、およびリアヘッド64dを一体化する連結ボルトである。

【0102】前記吸入口部材65は、シリンダ64aと正対するように主ケーシング61aを貫通する状態で取り付けられているとともに、シリンダ64aの側壁を貫通する貫通孔64hと連通されている。

【0103】このようにモータ62が圧縮機ケーシング61内に配置されている場合には、モータ62が高温高圧雰囲気中に位置することになるので、上記のように回転子位置検出用のセンサを用いることなく回転子の回転位置を検出し、検出した回転位置に基づいてインバータを制御する構成を採用することによって、安定性、信頼性を高めることができる。

【0104】図18はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0105】この回転子が図1の回転子と異なる点は、平板状の永久磁石2に代えて、断面円弧状の永久磁石2を採用した点のみである。なお、この永久磁石2は、円弧の仮想的な中心が回転子1の外側に位置するように配置されている。そして、非磁性部3は、内端部どうしを結ぶ仮想的な平面が永久磁石2の内端部と一致するように、その位置および形状が設定されている。ただし、補強リブ部は図示を省略している。

【0106】この構成のモータを採用した場合にも、図

1のモータと同様の作用を達成することができる。

【0107】図19はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0108】この回転子が図18の回転子と異なる点は、断面円弧状の永久磁石2の外側にも断面円弧状の第1の補助的な永久磁石2aをさらに設けた点のみである。

【0109】この構成のモータを採用した場合にも、図18のモータと同様の作用を達成することができる。

【0110】図20はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0111】この回転子が図19の回転子と異なる点は、断面円弧状の永久磁石2を省略した点のみである。

【0112】この構成のモータを採用した場合にも、図19のモータと同様の作用を達成することができる。

【0113】図21はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0114】この回転子が図20の回転子と異なる点は、断面円弧状の第1の補助的な永久磁石2aの外側にも断面円弧状の第2の補助的な永久磁石2bをさらに設けた点のみである。

【0115】この構成のモータを採用した場合にも、図20のモータと同様の作用を達成することができる。

【0116】図22はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0117】この回転子が図18の回転子と異なる点は、断面円弧状の永久磁石2に代えて、1対の平板状永久磁石2cを互いに直交する状態で配置した点のみである。

【0118】この構成のモータを採用した場合にも、図18のモータと同様の作用を達成することができる。

【0119】図23はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0120】この回転子が図18の回転子と異なる点は、平板状の永久磁石2dを半径方向に延びるように配置しているとともに、各永久磁石2dの外端部から回転子の外周に向かって延びる非磁性部3を設けた点のみである。なお、この実施態様においては、永久磁石2dの厚みとは、周方向の長さである。

【0121】この構成のモータを採用した場合にも、図18のモータと同様の作用を達成することができる。

【0122】図24はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0123】この回転子が図23の回転子と異なる点

は、永久磁石2dの個数を4から8に増加させた点のみである。

【0124】この構成のモータを採用した場合にも、図23のモータと同様の作用を達成することができる。

【0125】図25はこの発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子の構成を示す縦断面図である。

【0126】この回転子が図1の回転子と異なる点は、断面円弧状の永久磁石2に代えて、蒲鉾状の永久磁石2eを設け、この永久磁石2eの外側に薄肉の磁性体部1aを設けた点のみである。

【0127】この構成のモータを採用した場合にも、図1のモータと同様の作用を達成することができる。

【0128】

【発明の効果】請求項1の発明は、磁束の流れを非磁性部以外の箇所に集中させて漏れ磁束を低減し、ひいては電流を低減させて銅損を減少させ、しかも、トルク発生に寄与しない磁束を低減して磁束密度を下げ、ひいては鉄損を減少させ、さらに回転子を軽量化して速度応答性を高めることができるという特有の効果奏する。

【0129】請求項2の発明は、請求項1の効果に加え、漏れ磁束、トルク発生に寄与しない磁束に起因する鉄損、銅損を一層減少させることができるという特有の効果奏する。

【0130】請求項3の発明は、請求項1の効果に加え、漏れ磁束、トルク発生に寄与しない磁束に起因する鉄損、銅損を一層減少させるとともに、銅損の増加を防止し、しかもトルク発生に寄与する磁束の減少を防止してトルクリブルの増加を防止することができるという特有の効果奏する。

【0131】請求項4の発明は、請求項1から請求項3の何れかの効果に加え、風損やトルクリブルに起因する悪影響を防止することができるという特有の効果奏する。

【0132】請求項5の発明は、請求項1から請求項4の何れかの効果に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができるという特有の効果奏する。

【0133】請求項6の発明は、請求項1から請求項4の何れかの効果に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができるという特有の効果奏する。

【0134】請求項7の発明は、請求項1から請求項4の何れかの効果に加え、磁気吸引力、遠心力に起因する回転子の変形を防止することができるという特有の効果奏する。

【0135】請求項8の発明は、請求項1から請求項7の何れかの効果に加え、巻線抵抗を一層減少させて銅損を大幅に減少させることができるとともに、コイルエンド部を短くして省資源化、低コスト化を達成することが

できるという特有のこうかを奏する。

【0136】請求項9の発明は、請求項1から請求項8の何れかの効果に加え、磁石トルクとリラクタンストルクを併用してトルク／電流比が大きくなる高効率運転を達成することができ、しかもモータ誘起電圧がインバータ電圧よりも上昇する回転数において弱め磁束効果を利用して回転数を高速側に拡大することができるという特有の効果を奏する。

【0137】請求項10の発明は、請求項1から請求項8の何れかの効果に加え、モータ端子電圧がインバータ電圧と等しくなる回転数においてモータ誘起電圧よりも電流位相を進めて磁石磁束を弱める運転を行って電圧一定のまま回転数を高速側に拡大することができるという特有の効果を奏する。

【0138】請求項11の発明は、請求項1から請求項10の何れかの効果に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができるという特有の効果を奏する。

【0139】請求項12の発明は、請求項1から請求項10の何れかの効果に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができるという特有の効果を奏する。

【0140】請求項13の発明は、請求項1から請求項10の何れかの効果に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができるという特有の効果を奏する。

【0141】請求項14の発明は、請求項1から請求項10の何れかの効果に加え、モータを高温高圧環境下で使用することができ、しかもコストダウン、信頼性向上を達成することができるという特有の効果を奏する。

【0142】請求項15の発明は、請求項1から請求項14の何れかの効果に加え、圧縮機の高効率化を達成することができるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のモータの一実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図2】このモータの固定子の歯部における鎖交磁束数の変化を示す図である。

【図3】固定子と回転子との間における磁力線の解析結果を示す図である。

【図4】鉄損と銅損との解析結果を示す図である。

【図5】モータの電氣的損失、鉄損、銅損と極角との関係を示す図である。

【図6】この発明のモータの他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図7】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部

である回転子を示す縦断面図である。

【図8】モータ誘起電圧を基準とするモータ駆動電流位相とモータトルクとの関係を示す図である。

【図9】表面磁石構造モータと埋込磁石構造モータとの、回転数に対応するモータ端子電圧を示す図である。

【図10】表面磁石構造モータと埋込磁石構造モータとの、回転数に対応するモータトルクを示す図である。

【図11】表面磁石構造モータと埋込磁石構造モータとの、回転数に対応するモータ駆動電流を示す図である。

【図12】インバータ制御装置に供給すべき回転子位置信号を生成する回路の一例を示す図である。

【図13】固定子印加電圧、モータ駆動電流、モータの機器定数を用いて所定の演算を行って回転子の回転位置を算出するための速度制御系の構成の一例を示すブロック図である。

【図14】ブラシレスDCモータの解析モデルを示す図である。

【図15】電圧型インバータが発生する高調波電流から求められたインダクタンスおよび回転子の突極性から回転子の回転位置を算出するための制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図16】モータ中性点信号を用いて回転子位置を検出し、ブラシレスDCモータを駆動するための制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図17】圧縮機の構成の一例を示す縦断面図である。

【図18】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図19】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図20】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図21】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図22】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図23】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

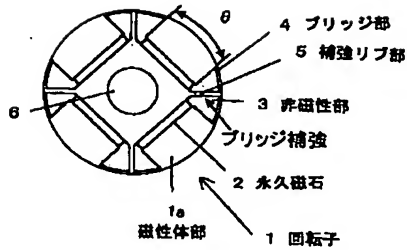
【図24】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

【図25】この発明のモータのさらに他の実施態様の要部である回転子を示す縦断面図である。

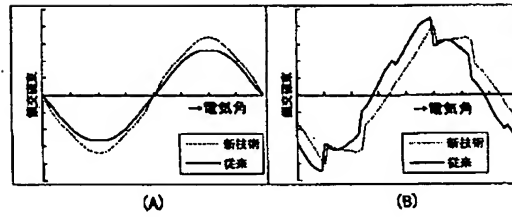
【符号の説明】

- |         |             |
|---------|-------------|
| 1 回転子   | 1 a 磁性体部    |
| 2 永久磁石  | 3 非磁性部      |
| 4 ブリッジ部 | 4 a 補助ブリッジ部 |
| 5 補強リブ部 | 5 a 補助補強リブ部 |

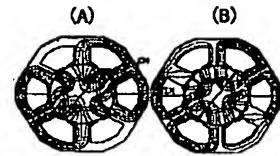
【図1】



【図2】

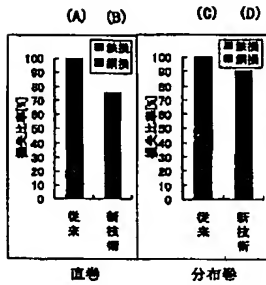


【図3】

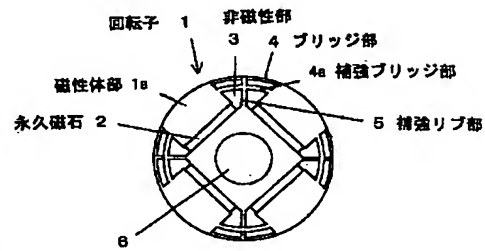
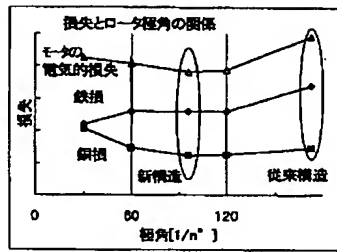


【図6】

【図4】

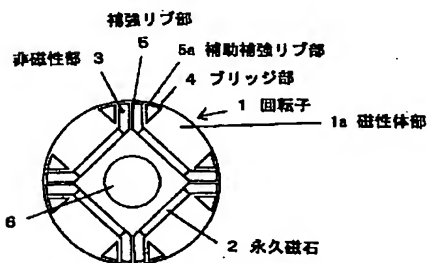


【図5】

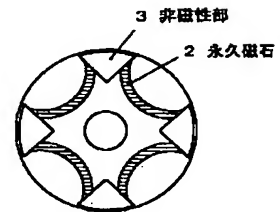
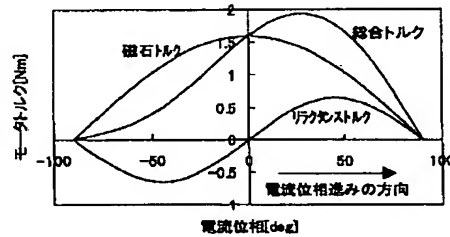


【図18】

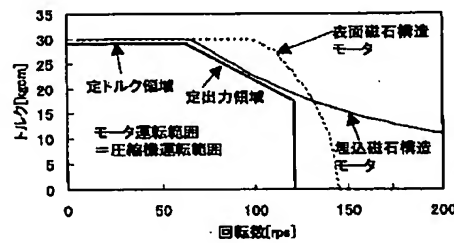
【図7】



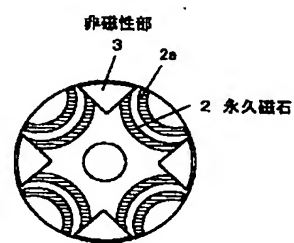
【図8】



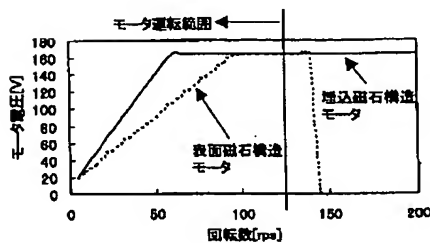
【図10】



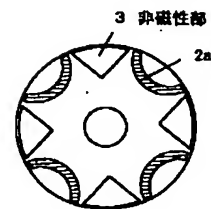
【図19】



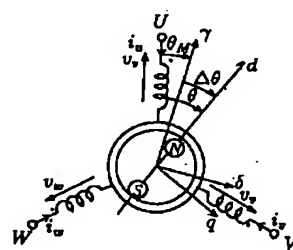
【図9】



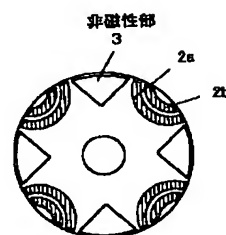
【圖 20】



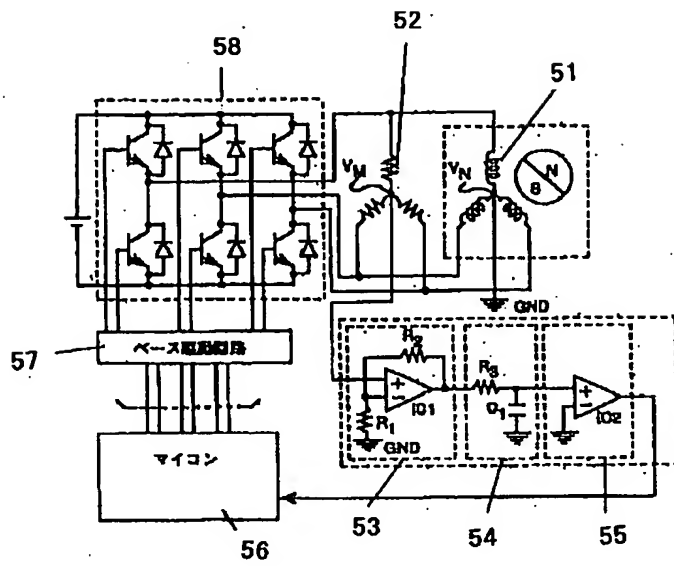
【圖 14】



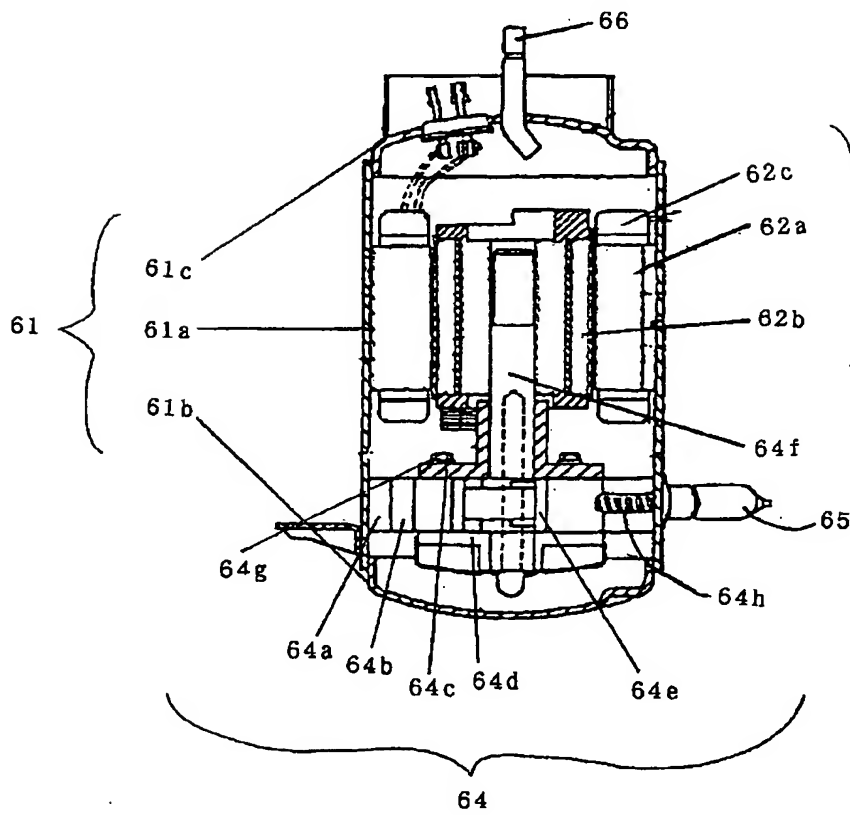
【図 15】



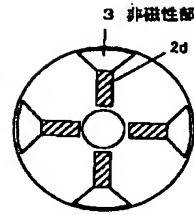
【図16】



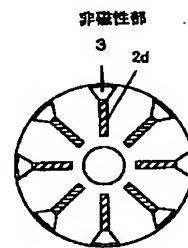
【図17】



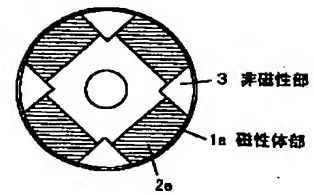
【図23】



【図24】



【図25】



(14)

特開 2 0 0 2 - 4 4 8 8 8

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 2 P	6/06	H 0 2 P	6/02
	6/16		3 4 1 C
			3 4 1 N

(72)発明者 大山 和伸  
滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2  
株式会社ダイキン空調技術研究所内

F ターム (参考)

5H002	AA03	AB07	AC06	AC07	AE08
5H560	AA02	BB04	BB07	BB12	DA07
	DA13	DA19	DC01	DC12	EB01
	EC10	GG04	UA02	XA12	
5H619	AA01	BB01	BB06	BB13	BB22
	BB24	PP02	PP06	PP08	
5H621	BB10	GA01	GA04	HH01	HH08
	JK02	JK05	JK15		
5H622	AA03	CA02	CA07	CA13	CB01
	CB05	CB06	PP03	PP11	PP16
	PP17				